



日本特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

# 21

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 2月 9日

出願番号

Application Number:

特願2001-033970

出願人

Applicant(s):

株式会社ニコン

2001年10月19日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3092116

【書類名】 特許願  
【整理番号】 00-01462  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 21/00  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号株式会社ニコン内  
【氏名】 八尋 威久  
【特許出願人】  
【識別番号】 000004112  
【氏名又は名称】 株式会社ニコン  
【代理人】  
【識別番号】 100100413  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 渡部 溫  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100110858  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 柳瀬 瞳肇  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 033189  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 0003412  
【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法及び荷電粒子線露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 感應基板上に転写すべき原版パターンを有するレチクルを荷電粒子線照明し、該レチクルを通過した荷電粒子線を前記感應基板上に投影結像させて転写パターンを形成する荷電粒子線露光装置における結像性能の評価方法であって、

前記原版パターンの位置（物面位置）に、計測用パターンを形成したレチクルを配置し、

前記転写パターンの位置（像面位置）に、計測用のナイフエッジ開口を配置し、

前記計測用パターンを通過した計測用荷電粒子ビームで前記ナイフエッジを走査し、

前記ナイフエッジ開口を通過した荷電粒子線をセンサで検出して処理することにより前記ビームのボケを測定し、

この際、前記ナイフエッジの非開口部（ナイフエッジ板）を透過する荷電粒子線の少なくとも相当の部分を前記センサの手前で排除し、実質的に、前記ナイフエッジ開口を通過した荷電粒子線のみを前記センサに入射させることを特徴とする荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法。

【請求項2】 前記ナイフエッジが、薄膜上に形成した矩形開口状パターンのエッジであることを特徴とする請求項1記載の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法。

【請求項3】 前記ナイフエッジと前記センサとの間にビーム制限開口を設置して、このビーム制限開口により、前記ナイフエッジ板を通過した荷電粒子線を遮ることを特徴とする請求項1又は2記載の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法。

【請求項4】 前記ナイフエッジから該ビーム制限開口端縁を見込む角が、前記荷電粒子ビームの収束角よりも僅かに大きくなるよう、前記ビーム制限開口

の開口幅（開口径）を選択することを特徴とする請求項3記載の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法。

【請求項5】 感応基板上に転写すべき原版パターンを有するレチクルを荷電粒子線照明し、該レチクルを通過した荷電粒子線を前記感応基板上に投影結像させて転写パターンを形成する荷電粒子線露光装置であって、

前記感応基板上の転写パターンの位置（像面位置）に配置された、開口を有する計測用のナイフェッジと、

該ナイフェッジの下方に配置された、該ナイフェッジの非開口部（ナイフェッジ板）で散乱した荷電粒子線を遮るビーム制限開口と、

該ビーム制限開口の下方に配置された、該ビーム制限開口を通過した荷電粒子線を検出するセンサと、

該センサの検出結果に基づきビームのボケを測定するビームボケ測定手段と、を備えることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体集積回路等のリソグラフィに用いる荷電粒子線露光装置における結像性能の評価方法と、それを適用し得る荷電粒子線露光装置に関する。特には、高精度なビームボケの計測を実現できる荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法に関する。

##### 【0002】

##### 【関連技術】

電子線描画装置は、スループット（処理速度）が向上しにくいことが知られている。これに対し、電子線描画装置の高スループット化を目的として、大面積のパターンを一括して転写露光するタイプの電子線露光装置（EBステッパー等）の開発が進められている。そして、このような露光装置においては、電子ビームのボケ（Blur）を計測し、ビーム調整（焦点、非点、倍率、回転等の各種補正值のキャリブレーション）や結像性能の評価を行う必要がある。

##### 【0003】

図5は、従来の電子線露光装置のビームボケ計測系を模式的に示す斜視図である。

図6は、同ビームボケ計測系を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

図7は、同ビームボケ計測系における計測結果を説明するためのグラフである。

#### 【0004】

この電子線露光装置の最上流部には、図示せぬ照明ビーム源及び計測用パタンを有するレチクルが配置されており、その下方に図5及び図6に示すナイフェッジ101をもつ矩形開口が配置されている。照明ビーム源から照射された電子ビームは、ナイフェッジ101をもつ矩形開口上において、矩形ビームEB（レチクルの転写像）として照射される。ナイフェッジ101の下方には、電子検出器（センサ）105が配置されている。矩形ビームEBをスキャンすると、ナイフェッジ101の非開口部（ナイフェッジ板100）に当たった電子は、ナイフェッジ板が厚い場合は吸収され、開口部102を通過した電子は電子検出器105に検出される。しかし、ナイフェッジ板が薄い場合（例えば厚さ $2\mu\text{m}$ ）は、ナイフェッジ板100に当った電子のほとんどは、ナイフェッジ板100を散乱を受けながら透過する。なお、ナイフェッジ101の幾何学的精度を上げるために、ナイフェッジ板100は薄いほうが有利である。以下、このナイフェッジ板100は薄いものとして話を進める。

#### 【0005】

電子検出器105で検出される電子は、開口部102を通過した無散乱電子e1と、ナイフェッジ板100を散乱透過した前方散乱電子e2である。これらの電子e1、e2に相当するビーム電流は、プリアンプ106で増幅された後、微分回路107で時間に対する変化率に換算され、その出力波形がオシロスコープ108で表示される。そして、この出力波形からビームボケが計測され、これに基づきビーム調整（焦点、非点、倍率、回転等の各種補正値のキャリブレーション）や結像性能の評価が行われる。

なお、この種のビームボケ計測方法としては、例えば特開平10-28985

1号公報、又は、特願2000-12620等がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述のビームボケ計測方法では、本来は電子検出器105に到達して欲しくない前方散乱電子e2の多くが、電子検出器105に到達してしまい、この前方散乱電子e2により計測のコントラストが悪化してしまう。すなわち、前方散乱電子e2がノイズ源になるため、図7に示すように、理想的な検出電流波形W（0レベルに沿った波形）からオフセットした検出電流波形W'が検出されるため、ノイズの影響で測定精度が悪化する。

【0007】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであって、高精度なビームボケの計測を実現できる荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法と、それを適用し得る荷電粒子線露光装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため、本発明の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法は、感應基板上に転写すべき原版パターンを有するレチクルを荷電粒子線照明し、該レチクルを通過した荷電粒子線を前記感應基板上に投影結像させて転写パターンを形成する荷電粒子線露光装置における結像性能の評価方法であって、前記原版パターンの位置（物面位置）に、計測用パターンを形成したレチクルを配置し、前記転写パターンの位置（像面位置）に、計測用のナイフエッジ開口を配置し、前記計測用パターンを通過した計測用荷電粒子ビームで前記ナイフエッジを走査し、前記ナイフエッジ開口を通過した荷電粒子線をセンサで検出して処理することにより前記ビームのボケを測定し、この際、前記ナイフエッジの非開口部（ナイフエッジ板）を透過する荷電粒子線の少なくとも相当の部分を前記センサの手前で排除し、実質的に、前記ナイフエッジ開口を通過した荷電粒子線のみを前記センサに入射させることを特徴とする。

【0009】

本発明によれば、実質的に、ナイフエッジ開口を通過した荷電粒子線のみをセ

ンサに入射させてビームボケを求めるので、計測のコントラストが悪化せず、高精度なビームボケの計測ができる。なお、ビームボケの計測は、通常は、検出電流の微分波形の立ち上がり（12%～88%）の距離を求ることにより測定することができる。

## 【0010】

本発明の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法においては、前記ナイフエッジを、薄膜上に形成した矩形開口状パターンのエッジとすることができる。

ナイフエッジを薄膜化することにより、真っ直ぐでエッジラフネスが小さい高品質なエッジを比較的容易に作成することができる。なお、このような薄膜としては、例えば厚さ $2\text{ }\mu\text{m}$ 程度のSi薄膜を用いることが好ましい。

## 【0011】

また、本発明の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法においては、前記ナイフエッジと前記センサとの間にビーム制限開口を設置して、このビーム制限開口により、前記ナイフエッジ板を透過した荷電粒子線を遮るものとすることができる。

ビーム制限開口により、ナイフエッジを透過した散乱荷電粒子線（前方散乱電子）をほぼ完全に遮ることができる。これにより、理想的に近いコントラストにて、良好な検出波形を得ることができる。

## 【0012】

さらに、本発明の荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法においては、前記ナイフエッジから該ビーム制限開口端縁を見込む角が、前記荷電粒子ビームの収束角よりも僅かに大きくなるよう、前記ビーム制限開口の開口幅（開口径）を選択することができる。

例えば、荷電粒子線照明の加速電圧が100kVであり、荷電粒子線ビームE<sub>B</sub>の収束角が6mradである場合は、ナイフエッジからビーム制限開口端縁を見込む角を6～10mradに設定する。この場合、無散乱電子は100%通過し、前方散乱電子は0.1%以下しか通過しない。このため、ほぼ完全なコントラストで計測が可能になる。

## 【0013】

本発明の荷電粒子線露光装置は、感應基板上に転写すべき原版パターンを有するレチクルを荷電粒子線照明し、該レチクルを通過した荷電粒子線を前記感應基板上に投影結像させて転写パターンを形成する荷電粒子線露光装置であって、前記感應基板上の転写パターンの位置（像面位置）に配置された、開口を有する計測用のナイフエッジと、該ナイフエッジの下方に配置された、該ナイフエッジの非開口部（ナイフエッジ板）で散乱した荷電粒子線を遮るビーム制限開口と、該ビーム制限開口の下方に配置された、該ビーム制限開口を通過した荷電粒子線を検出するセンサと、該センサの検出結果に基づきビームのボケを測定するビームボケ測定手段と、を備えることを特徴とする。

#### 【0014】

このような荷電粒子線露光装置のセンサとしては、ファラデーカップ、半導体検出器、又は、シンチレータとフォトマルチプライヤーとを組み合わせたもの等を用いることができる。これらを用いることにより、非常に高感度なビームボケ検出が可能となる。

#### 【0015】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ説明する。

図1は、本発明の一実施例に係る電子線露光装置の光学系主要部の構成及びウェハステージ周りの構成を模式的に示す図である。

図2は、本発明の一実施例に係る電子線露光装置のビームボケ計測系を模式的に示す斜視図である。

図3は、同ビームボケ計測系を模式的に示す側面断面図及びブロック図である

図4は、同ビームボケ計測系における計測結果を説明するためのグラフである

#### 【0016】

図1の上部には、照明ビーム12及びレチクル11が示されている。照明ビーム12は、図示せぬ電子銃から発せられ照明光学系で成形される。このレチクル11は計測用のレチクル（マスク）であり、矩形開口13が形成されている。照

明ビーム12は、レチクル11の矩形開口13を通過し、直線状のエッジをもつ矩形ビームEBとなる。なお、通常の転写露光時には、転写したいデバイスパターンの形成されているレチクルを用いる。

#### 【0017】

レチクル11の下方には、2段の投影レンズ14、15が配置されている。これら投影レンズ14、15の間には、コントラスト開口17が配置されている。レチクル11の矩形開口13で成形された矩形ビームEBは、上段の投影レンズ14によって収束され、コントラスト開口17にクロスオーバーを形成する。コントラスト開口17は、レチクル11を散乱を受けつつ透過したビームをカットする。

#### 【0018】

下段の投影レンズ15の下方には、ウエハ（感応基板）ステージ16が配置されている。このステージ16上には、ナイフエッジ1が配置されている。ナイフエッジ1は、厚さ約 $2\text{ }\mu\text{m}$ のSi薄膜（一例）で形成されている。ナイフエッジ1を薄膜化することにより、真っ直ぐでエッジラフネスが小さい高品質なエッジが比較的容易に得られる。なお、ウエハステージ16には、通常の転写露光時にウエハを載置するチャック（図示されず）も配置されている。

#### 【0019】

図2及び図3に示すように、ナイフエッジ1の下にはビーム制限開口5が配置されている。このビーム制限開口5とナイフエッジ1との間の距離（図3の符号h）は、数mm～20mm程度である。ビーム制限開口5の開口径（図2の符号d）は、ナイフエッジ1から開口端縁5aを見込む角（図2の符号θ）が、下段の投影レンズ15における矩形ビームEBの収束角よりも僅かに大きくなる寸法とする。この寸法dの一例は、100～200 $\mu\text{m}$ である。ビーム制限開口5の開口板5bは、充分に厚い（例えば1mm）導電性の金属板であり、この開口板5bに当った電子線は吸収される。

#### 【0020】

ビーム制限開口5の下方には、電子検出器（センサ）6が設置されている。この電子検出器6は、ファラデーカップ、半導体検出器、又は、シンチレータとフ

オトマルチプライヤーとを組み合わせたもの等から構成されている。電子検出器6には、プリアンプ7、微分回路8及びオシロスコープ9が順に接続されている。

#### 【0021】

この電子線露光装置では、下段の投影レンズ15を通過した矩形ビームEBをナイフエッジ1上でスキャンすると、ナイフエッジ板2に吸収されない電子（ナイフエッジ開口部3を通過した無散乱電子e1及びナイフエッジ板2を散乱透過した前方散乱電子e2）が下方へと通過する。次いで、これらの電子e1、e2はビーム制限開口5に到り、無散乱電子e1は同開口5を通過し、前方散乱電子e2のほとんどは遮られる。したがって、ビーム制限開口5の下の電子検出器6では、ほとんど無散乱電子e1のみが検出される。

#### 【0022】

電子検出器6で検出した無散乱電子e1のビーム電流を図4（B）上側のグラフ（検出電流波形）で示す。図4（A）に示すように、矩形ビームEBをナイフエッジ1上で矢印方向（右側）にスキャンすると、ナイフエッジ1を通過する矩形ビームEBの幅（電子の量）が増加し、電子検出器で検出するビーム電流が増加する。このため、検出電流波形は、図4（B）上側のグラフのように右上がりになる。このビーム電流は、図3のプリアンプ7で増幅された後、微分回路8で時間に対する変化率に換算される。

#### 【0023】

微分回路8から出力された微分波形を図4（B）下側に示す。微分波形は、矩形ビームEBがビームボケのない理想的なビームの場合は矩形波W1となる。しかし、実際はビームボケのためになまつた波形W2となる。ここで、図4（C）に分かり易く示すように、この波形W2の立ち上がりの距離tを、微分波形の強度の12%～88%の範囲で求める。この距離tを求めるこによりビームボケが測定できる。微分回路8の出力波形は、オシロスコープ9で表示される。オシロスコープ9で表示された波形に基づき、ビーム調整（焦点、非点、倍率、回転等の各種補正値のキャリブレーション）や結像性能の評価を行う。

#### 【0024】

ここで、上記の電子線露光装置における、角度  $\theta$  (図2参照) の具体的な数値例について述べる。

照明ビーム12の加速電圧が100kVであり、投影レンズにおける矩形ビームEBの収束角が6 mradである場合、ナイフェッジ1からビーム制限開口5の開口端縁5aを見込む角  $\theta$  を6~10 mradに設定する。この場合、無散乱電子e1は100%通過し、前方散乱電子e2は0.1%以下しか通過しない。このため、ほぼ完全なコントラストで計測が可能になる。

#### 【0025】

##### 【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、非常に高精度なビームボケ計測ができる。さらに、このビームボケ計測の結果を用いて電子光学系の調整や結像性能の評価を行うことにより、非常に高精度に装置を調整することができる。

ナイフェッジを薄膜上に形成する場合は、真っ直ぐでエッジラフネスが小さい高品質なエッジを容易に作成することができる。

#### 【0026】

ナイフェッジとセンサとの間にビーム制限開口を設置する場合は、ビーム制限開口によりナイフェッジ板で散乱した荷電粒子線を遮ることができ、ほぼ完全なコントラストにて、理想的な検出波形を得ることができる。

センサとしてファラデーカップ、半導体検出器、又は、シンチレータとフォトマルチプライヤーとを組み合わせたもの等を用いる場合は、非常に高感度なビームボケ検出が可能となる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の一実施例に係る電子線露光装置の光学系主要部の構成及びウェハステージ周りの構成を模式的に示す図である。

##### 【図2】

本発明の一実施例に係る電子線露光装置のビームボケ計測系を模式的に示す斜視図である。

## 【図3】

同ビームボケ計測系を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

## 【図4】

同ビームボケ計測系における計測結果を説明するためのグラフである。

## 【図5】

従来の電子線露光装置のビームボケ計測系を模式的に示す斜視図である。

## 【図6】

同ビームボケ計測系を模式的に示す側面断面図及びブロック図である。

## 【図7】

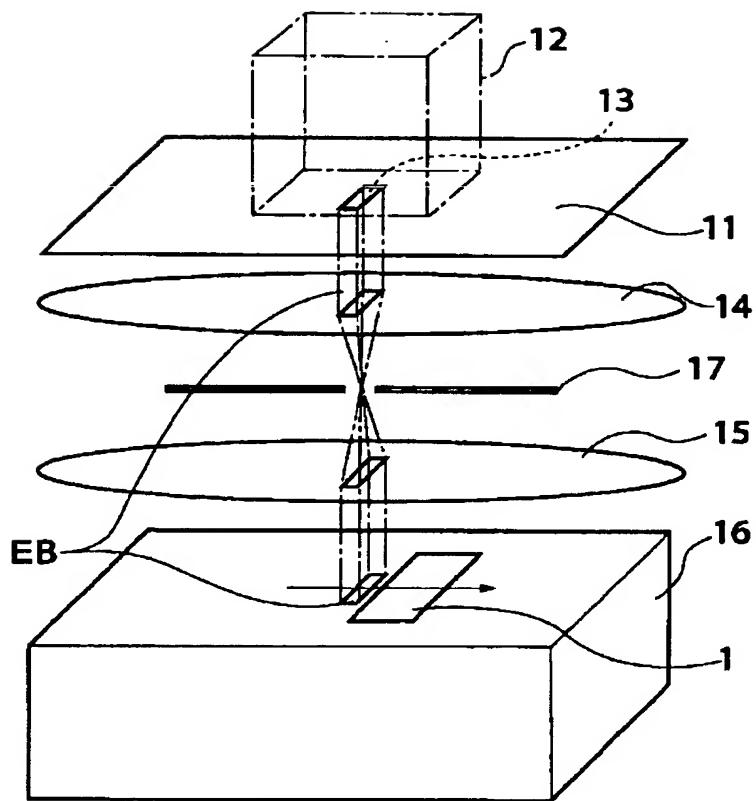
同ビームボケ計測系における計測結果を説明するためのグラフである。

## 【符号の説明】

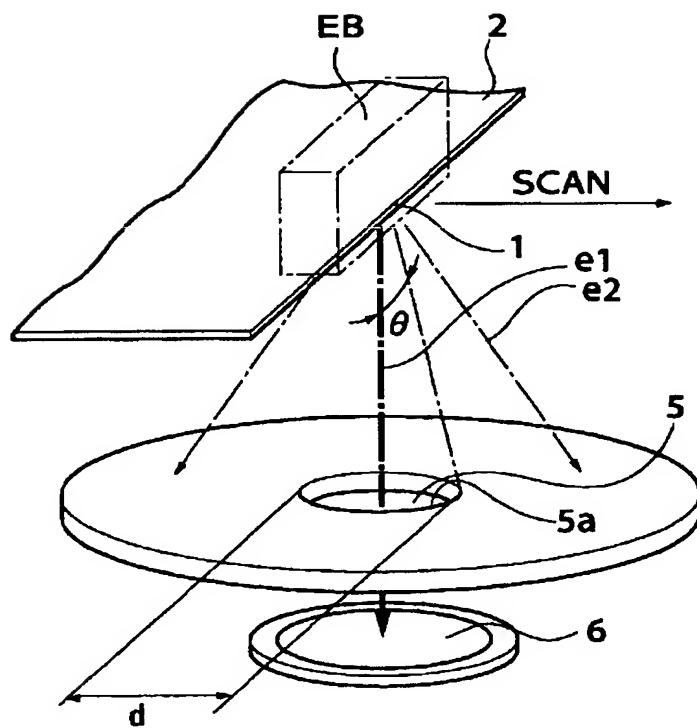
1	ナイフエッジ	3	ナイフエッジ開口部
2	ナイフエッジ板	5 b	開口板
5	ビーム制限開口	7	プリアンプ
5 a	開口端縁	9	オシロスコープ
6	電子検出器（センサ）	1 2	照明ビーム
8	微分回路	1 4、 1 5	投影レンズ
1 1	レチクル	1 7	コントラスト開口
1 3	矩形開口		
1 6	ウエハステージ		
E B	矩形ビーム		
e 1	無散乱電子	e 2	前方散乱電子

【書類名】 図面

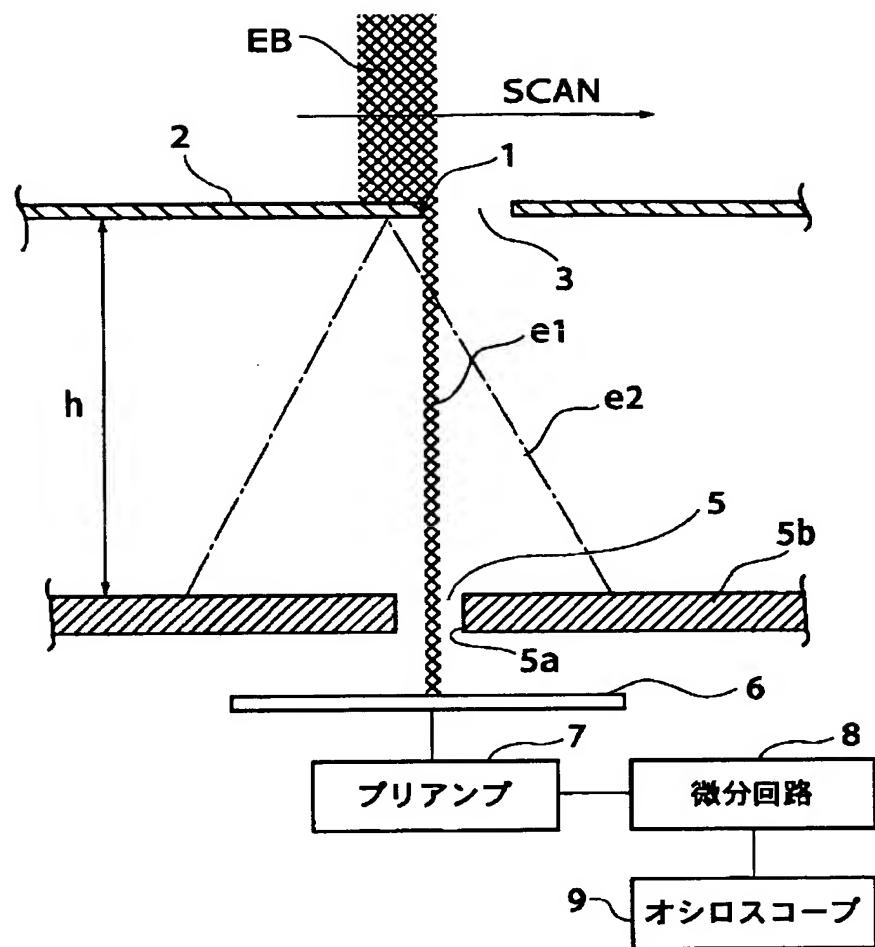
【図1】



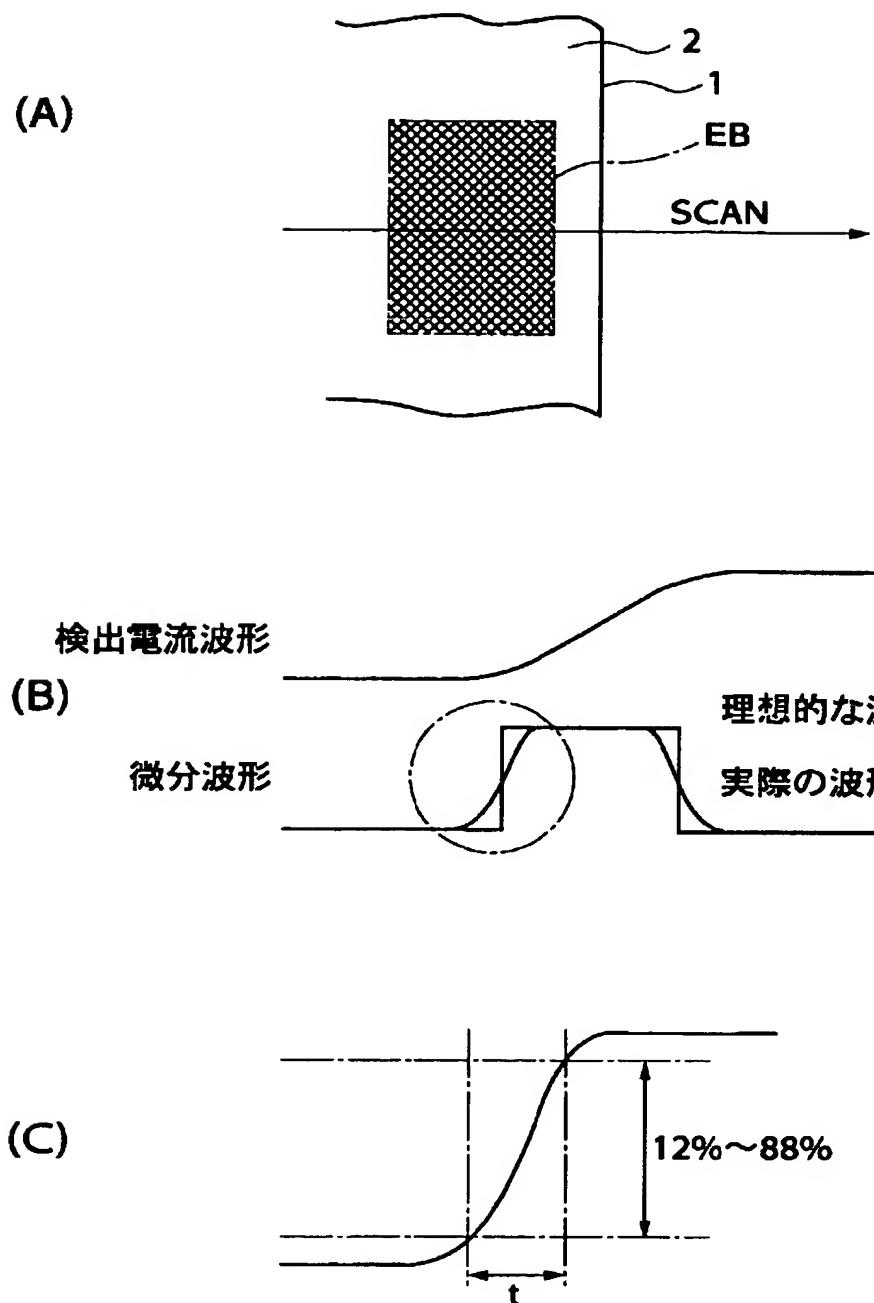
【図2】



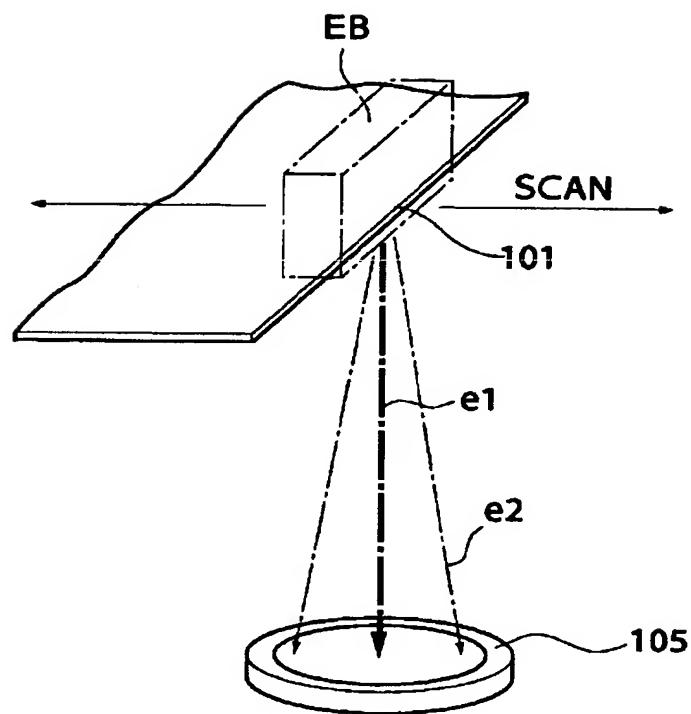
【図3】



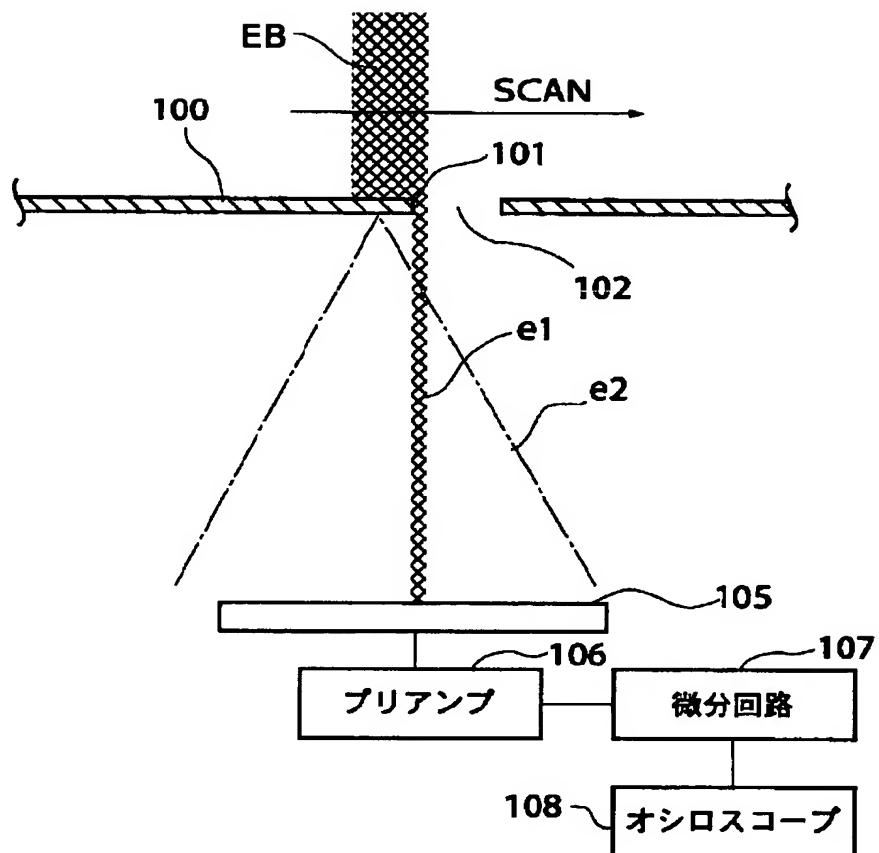
【図4】



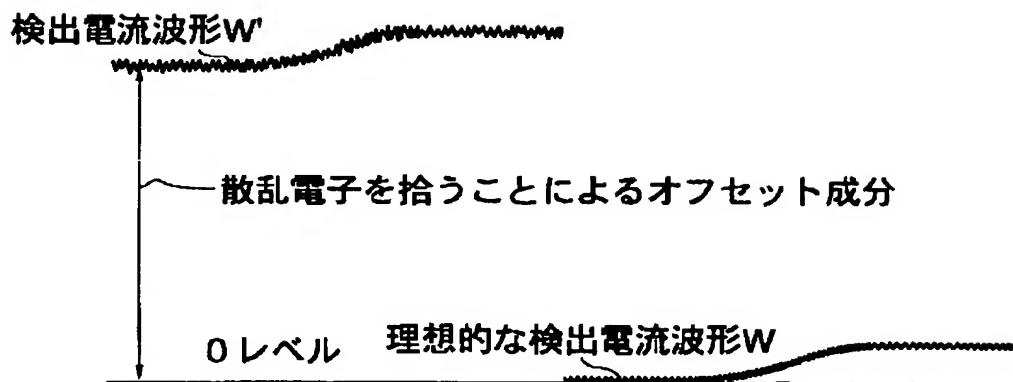
【図5】



【図6】



【図7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高精度なビームボケの計測を実現できる荷電粒子線露光装置の結像性能の評価方法と、それを適用し得る荷電粒子線露光装置を提供する。

【解決手段】 ナイフエッジ1の下には、数mm～20mm程度離れてビーム制限開口5が配置されている。ビーム制限開口5の開口径は、ナイフエッジ1から開口端縁5aを見込む角 $\theta$ が、下段の投影レンズにおける矩形ビームEBの収束角よりも僅かに大きくなる寸法とする。下段の投影レンズを通過した矩形ビームEBをナイフエッジ1上でスキャンすると、ナイフエッジ板2に吸収されない無散乱電子e1及び前方散乱電子e2が下方へと通過する。次いで、これらの電子e1、e2はビーム制限開口5に到り、無散乱電子e1は同開口5を通過し、前方散乱電子e2のほとんどは遮られる。したがって、電子検出器6ではほとんど無散乱電子e1のみが検出される。

【選択図】 図2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-033970
受付番号	50100186612
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成13年 2月13日

＜認定情報・付加情報＞

【提出日】 平成13年 2月 9日

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
氏 名 株式会社ニコン